1. 자동차부품의 수지화에 대한 필요성

1973년 Oil Shock 이후 미국의 연비규제, 그리고 최근에는 오존층파괴나 지구온난화, 산성비, 소음, 그리고 폐기물 등으로 인한 환경파괴가 심각하여 선진국에서는 이에대한 환경규제를 강화하고 있고 CO_x나 NO_x, Hydrocarbons 등의 자동차 배기가스에 대한 규제강화가 의무화되면서 (CAFE) 엔진의 연비향상과 차체의 경량화에 대한 관심이 날로 고조되고 있다. 구매자는 주행성능과 내구성, 편의장치, 그리고 안정성등 고기능화, 고성능화에 대한 요구가 높아지고 있으며, 이에 부응하여 각 자동차 메이커들은 연소효율의 향상, 주행저항 감소, 그리고 차체의 경량화에 박차를 가하고 있다. 이중 연소효율은 열효율의 향상, 냉각손실의 개선, 기계효율의 향상, 그리고 엔진본체의 효율향상 등을 통하여 높일 수가 있으나 현실적으로 연료효율은 현재 full load 상태에서 25~30%에 이르며 part load 상태에서는 15% 내외이지만 이 수준에서 단지 1%의 상승도 매우 어려운 실정이다. 그리고 주행저항도 가속저항, 구름저항, 공기저항, 그리고 타이어와 지면과의 마찰저항 등을 어느정도 줄이는 것은 가능하지만 자동차의 구조적인 필수성을 극복하기는 어렵다. 이에 반하여 경량화에 의한 연비향상은 차체 및 부품설계의 합리화, 경량소재의 개발 및 적용, compact화, 그리고 박판화나 중공화 등을 통하여 비교적 용이하게 달성할 수 있으므로 이에 대한 관심이 높아지는 것은 당연하다고 할 수 있다.

표-1. 일본 자동차 재료의 적용 추세

단위 : % (Kg)

구분 \ 년도	1980년	1989년	1995년	2000년	연평균증가율
Steel	78	69.2(900)	54.5(600)	23.5(200)	-9.4
Aluminium	3.3	4.2(55)	11.8(130)	31.8(270)	20.2
Plastics	4.7	8.9(115)	15.5(170)	25.9(220)	10.3
Magnesium	0	0	0.5(5)	4.7(40)	↑
Glass	-	2.3(30)	1.4(15)	-	↓
Other	14	15.4(200)	16.3(180)	14.2(120)	-0.7
Total Weight	1,200	100(1,300)	100(1,100)	100(850)	

자료: 日經, New Materials: '90. 11

이에 대하여 일본의 Toray사에서 조사한 바에 따르면 1%의 경량화는 약 1%의 연비향상을 가져온다고 보고 있으며, 따라서 현재로서는 경량화가 자동차 연비향상의 최선책이라고 할 수 있다.

90년대에 들어서면서 자동차부품의 수지화가 가속화되면서 전장품을 비롯하여 내장부품, 장식부품, 덮게, 흙받이, 천정, 문, 범퍼, 그리고 트렁크뚜껑 등의 부품이 점차 수지화 되면서 고성능 ENPLA나 고분자합금의 적용이 필요하게 되었다. 표-1에서 연평균증가율에서 보면 알루미늄합금과 플라스틱 재료의 증가율이 뚜렷하며 이러한 경향은 앞으로도 지속될 것이라 전망된다.

표-2. 자동차부품용 플라스틱의 수지별 수요추정

(단위 : 천대, 톤)

구분 \ 연도		'90	'94	'97	00
자동차생산대수		987	1,445	1,920	2,112
범용계	LDPE	2,450	3,110	4,130	4,540
	HDPE	3,800	5,740	7,622	8,300
	PP	24,420	49,140	65,300	71,830
	PS/ABS	8,100	16,130	21,430	23,570
	PVC	17,400	21,540	28,630	31,490
	소계	56,180	95,660	127,110	139,820
엔플라계	PA	3,300	6,520	8,660	9,530
	POM	1,260	3,950	3,920	4,310
	PC	500	920	1,230	1,350
	PBT/PET	680	4,190	5,570	6,120
	mPPO	1,350	1,390	1,840	2,030
	소계	7,090	15,970	21,220	23,340
기타계	PU	11,410	27,440	36,460	40,110
	PMMA	1,520	2,790	3,700	4,080
	Phenols	1,520	2,170	2,880	3,170
	기타	10,411	11,010	14,630	16,090
	소계	21,210	43,410	57,670	63,450
합 계		84,480	155,040	206,000	226,610

주) 기아경제연구소 「2000년의 기업경영」 '91. 4

표-2 에서 보면 플라스틱재료 중 엔지니어링 플라스틱의 사용 비율이 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며 이것은 최초 Distributor Cap 등의 소형부품에 적용되다가 라디에이터 그릴이나 흙받이 등의 성형가공성의 편리함을 도모하는 단계에서 '73년 석유위기와 미국의 충돌안정규제 등의 돌파구로서 내외장부품 중심에서 외판, 샤시, 엔진주변부품등으로 본격적인 플라스틱화가 진행된 것을 알 수 있다.

그림-1. 자동차 재료의 구성비율

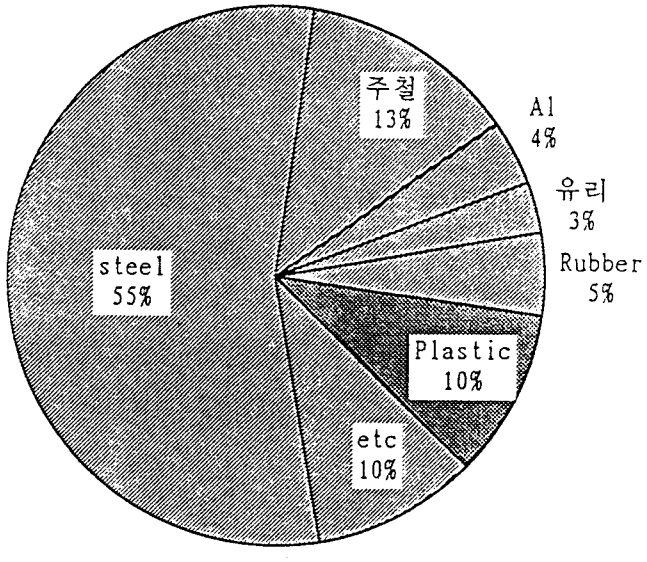
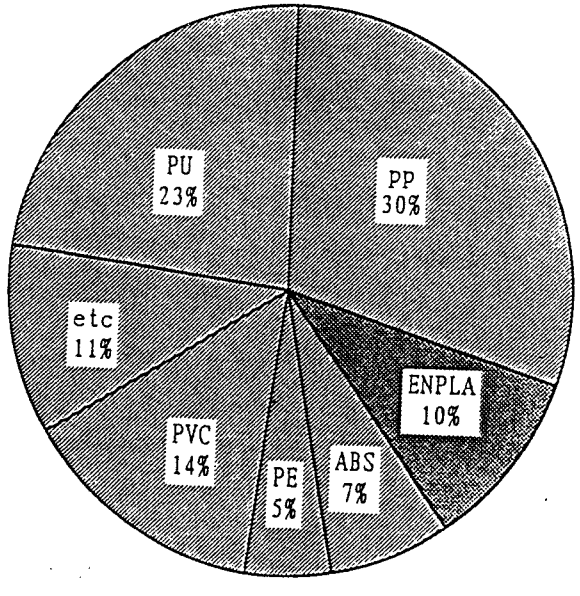


그림-2. 플라스틱재료 중 엔지니어링플라스틱(ENPLA) 재료의 구성비



2. 엔지니어링 플라스틱의 분류

일반적으로 ENPLA란 플라스틱재료의 여러 가지 분류방법 중 내열온도가 범용 플라스틱에 비하여 높은 재료를 의미하며 그림-3에는 일반적인 구분에 따른 PLASTIC재료를 분류하였다.

그림-3. PLASTIC재료의 일반적인 구분 (내열온도)

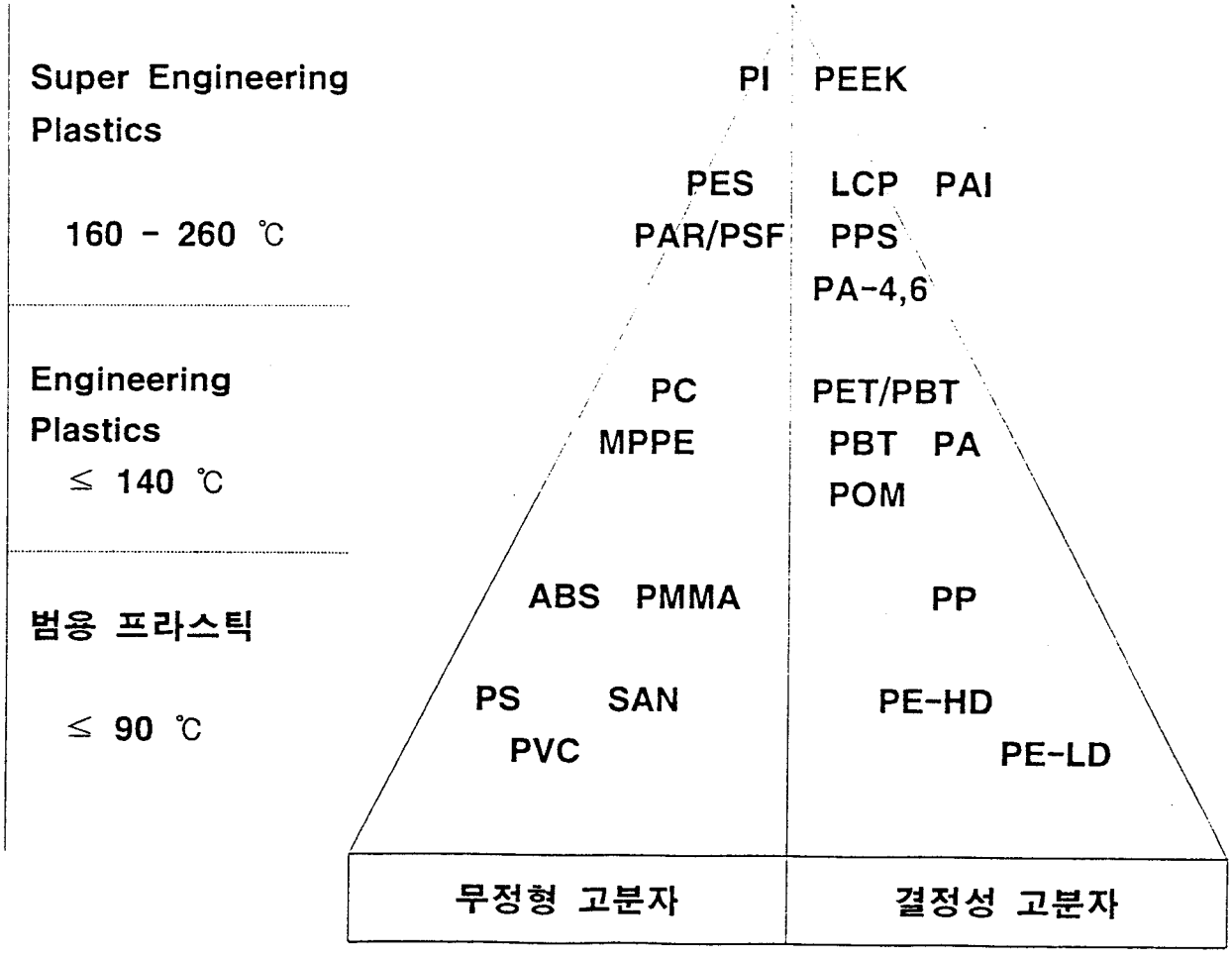


표-3. 자동차에 적용되는 플라스틱 재료의 예

	재료종류	적용예	특 징
범용 Plastic	PE	Seat 구성품, Cover류	유연성, 생산성
	PP	Instrument Pad, Trunk Room Mat Door Trim Pad 등	경량고탄성, 유연성, 가격
	PU	Instrument Pad, Seat, Door Trim, Steering Wheel 등	유연성, 내충격성
	PVC	내장표피제, Side Protector Mold, Mat류, Steering Wheel 등	난연성, 투명성, 성형가공성
	ABS	Glove Box, Front Grille, Meter Bezel 등	기계적물성균형, 성형가공성, 도장성
ENPLA	POM	Gear류, Door Handle, Swich, clip, 전장부품	내피로성, 내마모성, 내크리프성, 내용제성
	PBT	Distributor Cap/Mold, Wiper Washer Nozzle, Seat Back Lock	성형성, 내열성, 난연성, 내피로성, 전기적물성
	PA	Brake Reservoir Tank, Head Rest Guide, Door Lock, Clip, Fuse Box, Drive Gear, Hot Melt,	내충격성, 내마찰마모성, 내가솔린성, 굽힘탄성율
	PC	각종Lamp류, Bumper 등	투명성, 저온내충격성, 내열성, 치수안정성
	mPPO	Wheel Cover, Instrument Panel, Bering Retainer 등	내연성, 치수안정성, 저비중, 도금성
SUPER ENPLA	PEI	Carburator부품, Engine부품, Bering Retainer 등	난연성, 내열성, 기계적/전기적특성, 투명성
	PPS	배기gas용 Valve류, 각종 변속부품류	내열성(240℃), 난연성, 내약품성, 치수안정성
	PES	Bering Retainer, Engine Gear류	내열성, 내가수분해성, 내크래킹성, 치수안정성
	PEEK	Distributor Rotor Arm, Brush Holder, Heater Fan 등	내열성(240℃), 난연성, 내약품성, 치수안정성
ALLOY	PVC/ ABS	Instrument Panel Pad 표피	내열성, 내충격성
	PP/ EPDM	Bumper	내충격성, 도장성
	PPO/ PS	Instrument Panel, Center Console Retainer	유동성, 저온고충격성
	PC/ ABS	Front Mask, Slide Garnish, Front Fender Panel, Head Linning, Instrument Panel	내연성, 내충격성
	PC/ PBT	Bumper, Front End, Fender, Side Door, Tailgate	내열성, 저온고충격성
	PC/ PET	Bumper Head, Lamp Housing	저온고충격성, 내가솔린성, 내연성, 도장성, 성형성, 저성형수축성
	PC/PS	Door Trim, Speaker Grille, Lamp Housing, Instrument Panel	성형성(대형부품), 저가, 내충격성

3. 자동차부품용 플라스틱재료의 현황

표-3에는 현재 자동차에 적용되는 플라스틱 재료의 예를 보여주고 있다. 이중 관심을 끄는 부품인 범퍼시스템의 적용현황을 살펴보면, 일본의 경우 북미 수출용은 5Mile 충격규제 등으로 30%정도는 PURIM를 사용하고 있으나 그외에는 모두 PP를 사용하고 있으며 유럽에서는 PURIM, FRP, 그리고 PC/PBT등이 사용되고 있으나 Recycling 등의 문제로 PP/EPDM 으로 대체되고 있는 실정이고 미국에서는 아직은 5Mile 충격규제로 PURIM과 PC/PBT가 주류를 이루고 있으나 앞으로는 PP로의 대체가 불가피할 것으로 보인다. 국내에서는 PP/EPDM이 약 60%, PC/PBT는 30%, 그리고 PURIM은 약 10%정도 사용되고 있으나 역시 PP/EPDM의 사용증가가 예상

표-4. 범퍼의 Fascia용 플라스틱 소재

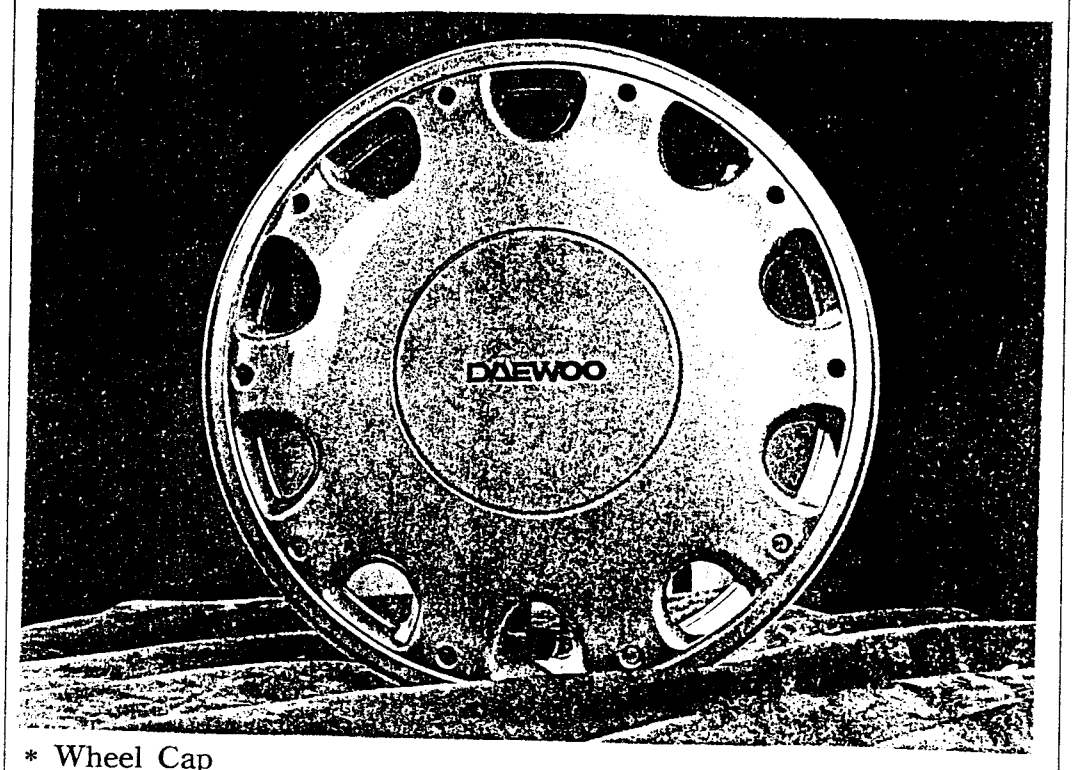
소 재	장 점	단 점	비 고
PC/PBT	-우수한 충격흡수능력 -Beam과 충격흡수능력분담 -자외선에 대하여 안정 -도장성 우수, 외관 수려 -열안정성 우수, 재활용 가능	-Hard Fascia; 차체화의 Gap으로 Gap Styling 필요 -높은 수지가격	-유럽에서 많이 채용 -Ford Taurus/ Escort -현대 소나타/ 엘란트라
PBT/TPE	-충격흡수기능 우수, Soft -Tear Strength 우수 -도장성 우수, 외관 수려 -열안정성 우수, 재활용 가능	-낮은 UV안정성 -높은 수지가격	-향후 확대적용 예상됨
PP/EPDM	-UV안정성 -Soft -수지가격이 저가 -재활용 가능	-도장성 불량 Adhesion Promotor사용 열안정성 불량 고열에 표면굴곡현상 발생 낮은 Tear Strength 낮은 표면경도 품질관리 어려움	-유럽, 일본 70% 점유 -미국에서는 소량사용 -현대 엑셀 -기아 프라이드 -대우 르망
PURIM	-낮은 수지가격 -짧은 금형개발기간 -저임가공비 -복잡한 구조 성형가능	-재활용 불가 -높은 제품단가 -2차 가공필요-환경문제 -열안정성 충진재 필요	-GM이 주로 사용 -국내사용 활발했으나 사양화 경향

되고 있다. 또 PC/PBT는 범퍼의 Beam용으로도 사용되고 있으나 Deflection이 높고 가격이 고가이므로 많이 사용되지는 못하고 있으나 향후 확대적용이 예상된다. 다음 표-4에는 사용되는 플라스틱 소재에 따른 범퍼 Fascia의 특성을 요약하였다.

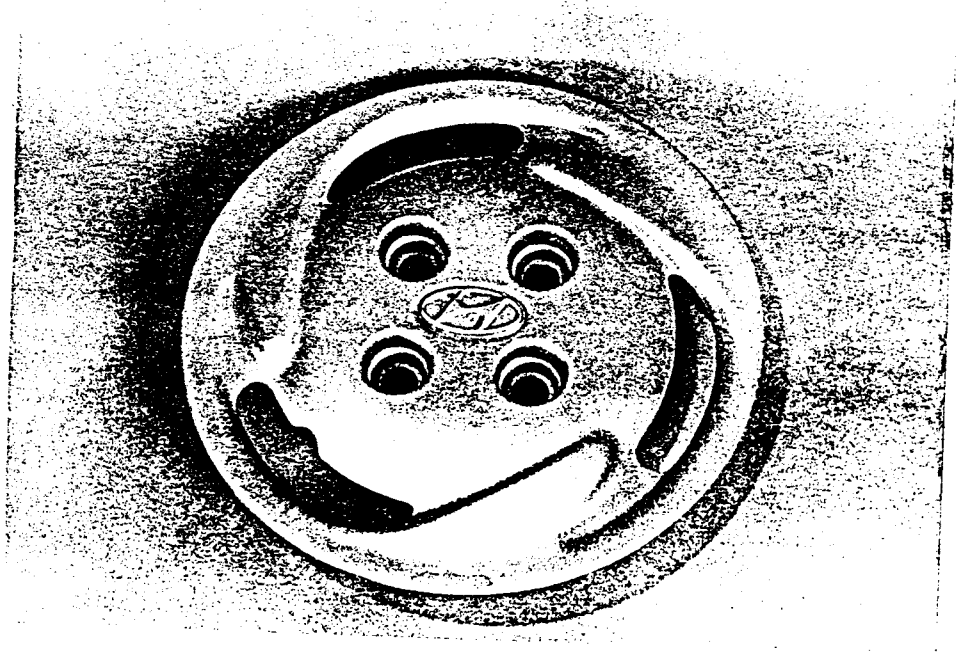
4. 중요부품의 적용예

그러면 국내에서 개발되어 적용된 플라스틱 자동차 부품의 예를 실물사진과 함께 설명하도록 한다. 먼저 Wheel Cap과 Hub Cap은 미네랄 강화 나일론이나 PC/ABS로 대체되고, Head Lamp Extension 은 열경화성인 BMC(Bulk Molding Compounding)에서 폴리카보네이트나 미네랄 강화 나일론, 혹은 미네랄 강화 폴리프로필렌으로 대체되어가고 있다. Inner Door Handle은 도금성과 내충격성, 그리고 치수안정성이 요구되어 나일론 강화내충격이나 폴리카보네이트, 혹은 PBT강화내충격성 수지로 대체되고 각종 Cable Housing이 나일론 강화내충격성 수지로 대체되었다. 엔진주변 부품으로서 라디에이터의 상하 Cap은 내열성, 내가수분해성, 강성, 그리고 부동액에 대한 내용제성이 요구되는 부품인데 수년전부터 알루미늄에서 나일론66 강화내열성 수지로 대체되고 있으며, Oil Reserve Tank는 내열성과 내유성, 그리고 3mm두께에서 수위를 관찰할 수 있는 정도의 투명성이 요구되므로 나일론 내열성수지로 대체되었다. 연료탱크는 60년대 후반부터 진행되어 왔는데 60ℓ를 기준으로 약 30~40% 경량화가 가능하고 형상의 자유도가 높으므로 한정된 공간속에서 최대한의 용량을 확보하여 배치할 수 있는 장점이 있다. 소재로서는 강도, 내충격성, 내약품성 등을 고려하여 HDPE가 주류를 이루었으나 성형사이클이 길어서 단가면에서 강판에 비하여 불리하고 연료투과현상으로 50~80ℓ의 용량을 기준으로 약16g/day의 연료가 투과되어 공기중으로 증발하는 것이 문제로 등장하고 있다. 현재는 연료투과규제가 그다지 심각하지 않지만 미국에서는 단계적으로 규제를 강화하여 98년에는 현행기준의 10배 이상의 규제를 가할 방침이다. 이에 대응하여 연료탱크 내부를 불소로 처리하는 방법이나 나일론과 HDPE를 Multi-layer Blowing하는 방법등이 있으나 아직 실용화되지 못하고 최근에는 SBR(Sellar Barrier Resin)을 이용하는 방법이 개발되고 있는 실정인데 이 SBR은 나일론 수지에 HDPE를 분산한 것으로 알려져 있으며 연료투과방지성이 뛰어나고, 특수한 장치를 필요로 하지않으므로 경쟁력이 높을 것으로 예상된다. 또 에어인텍 매니홀더는 복잡한 형상으로서 가벼운 알루미늄합금이 일반적으로 사용되고 있으나 최근에는 수지화가 급속히 진행되고 있다. 수지화된 제품은 기존 알루미늄부품보다 약 50% 경량화가 가능하고 포트내면의 평활성이 뛰어나서 혼합기의 유로저항을 감소시킬 수 있으며 단열성이 높으므로 흡입공기의 온도도 낮아지는 장점이 있으므로 엔진의 출력, 발진, 가속성의 향상을 기대할 수 있다. 사용재질은 나일론6과 66, 혹은 PPS등이 주류이며 성형방법은 Blow

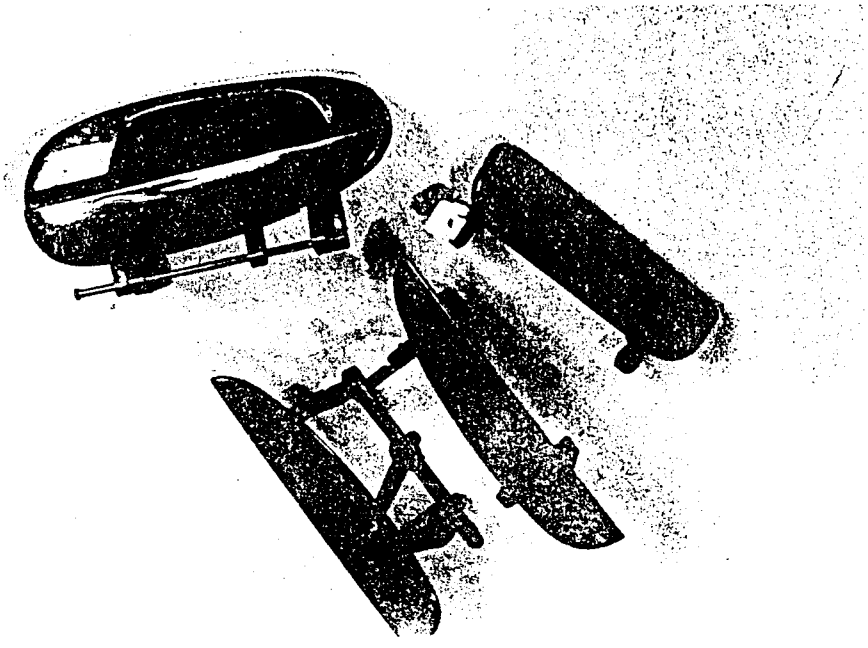
* Hub Cap



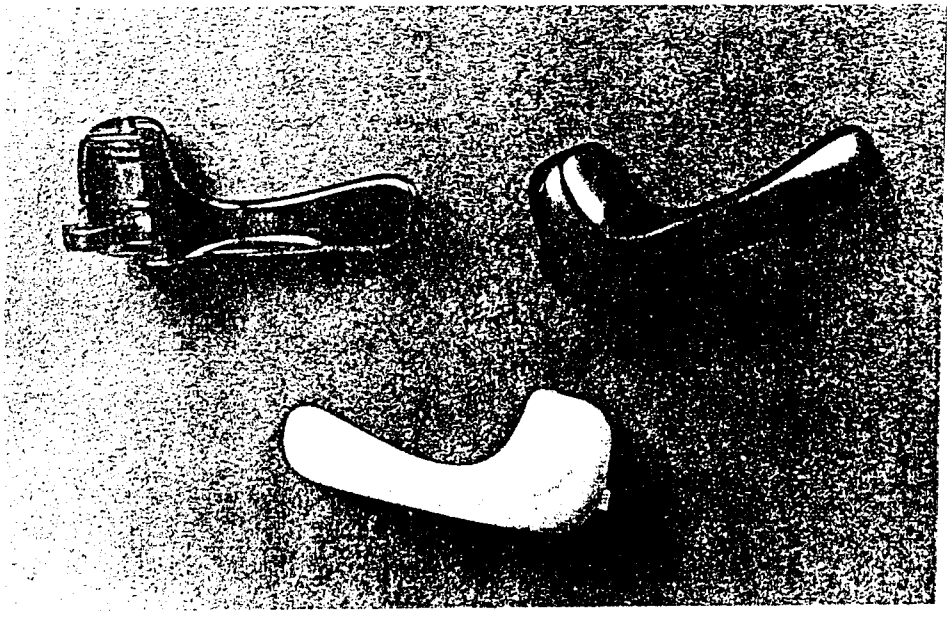
* Wheel Cap



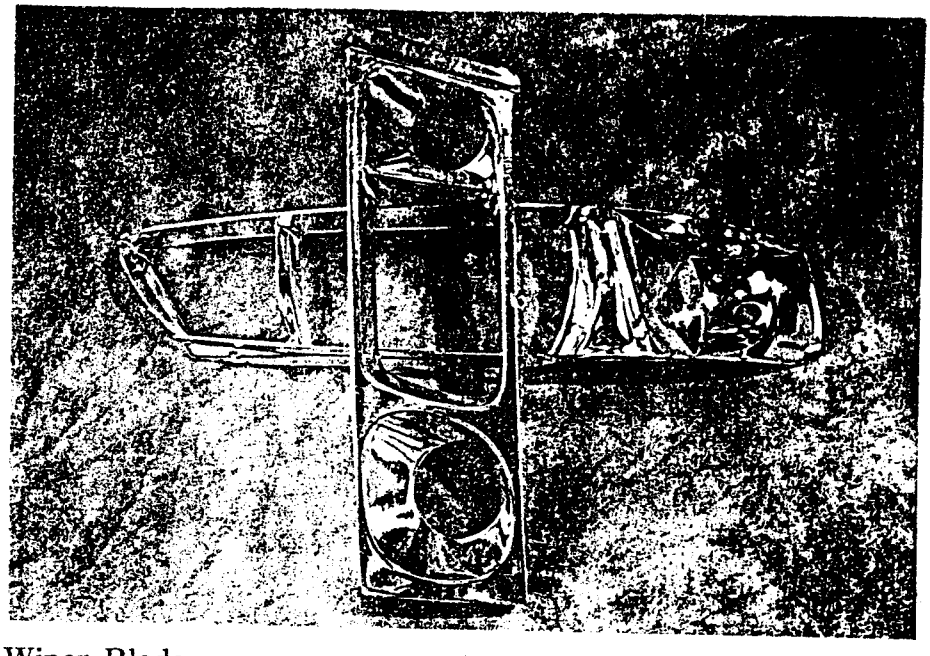
* Door Opening Lever



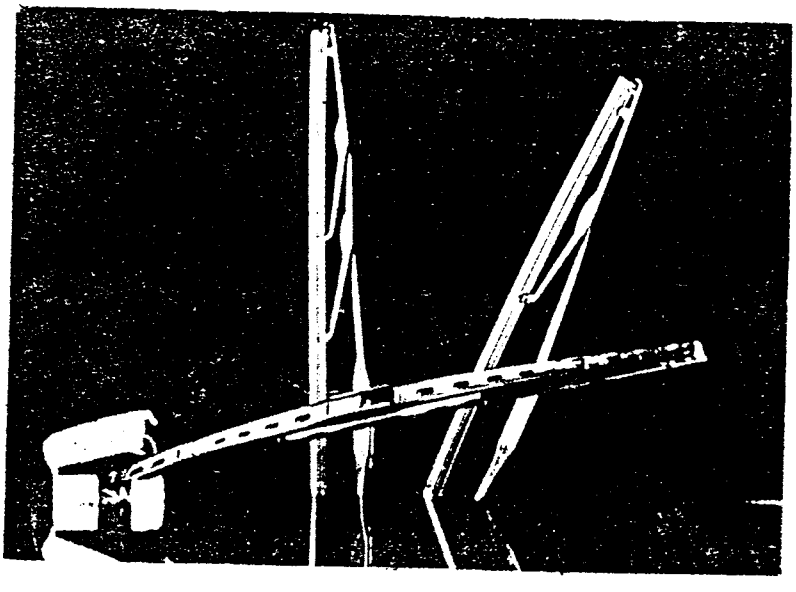
* Inner Door Handle



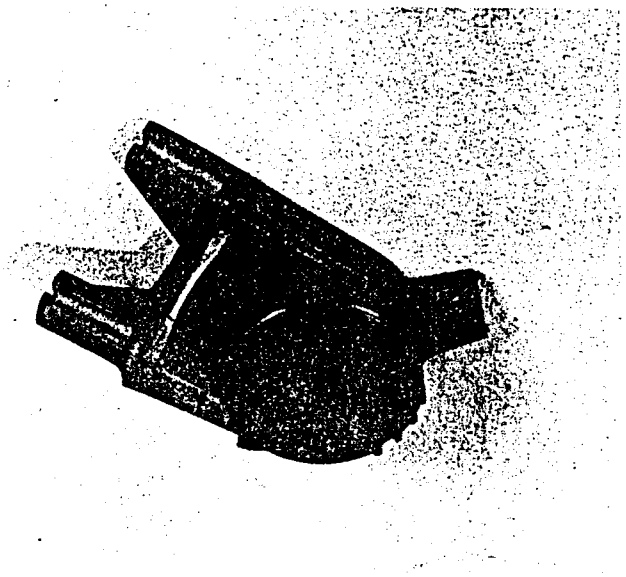
* Head Lamp Extension



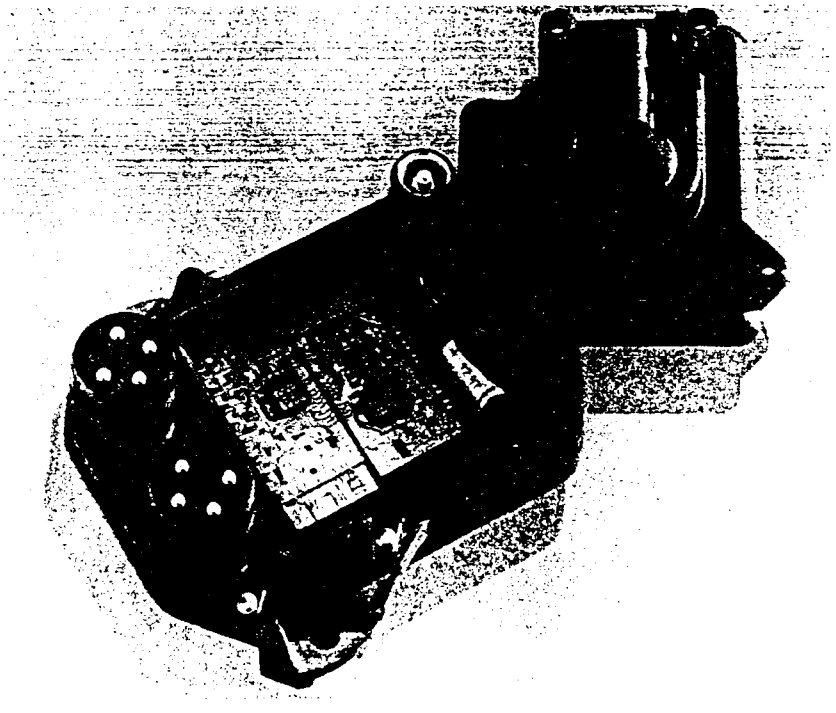
* Wiper Blade



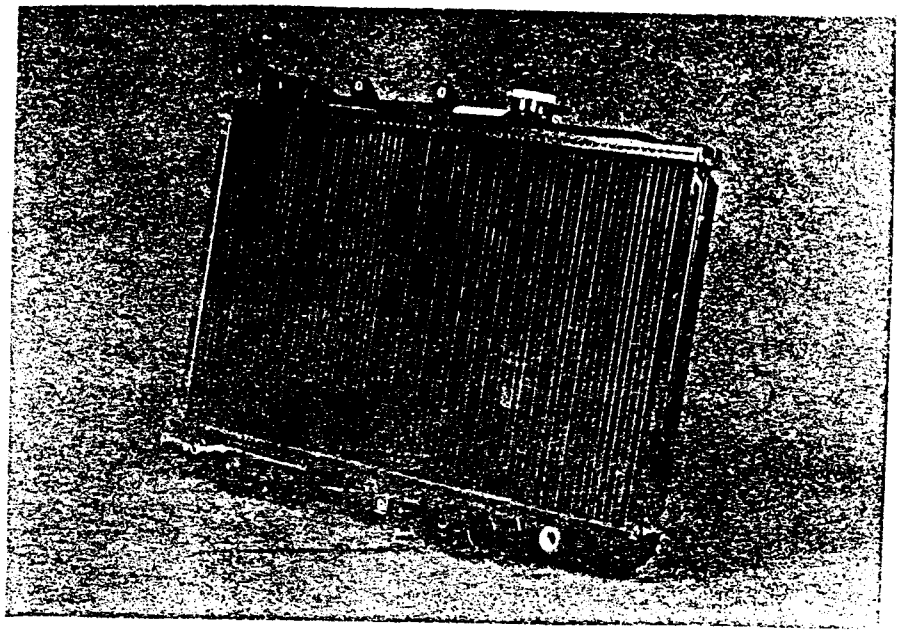
* Cable Housing



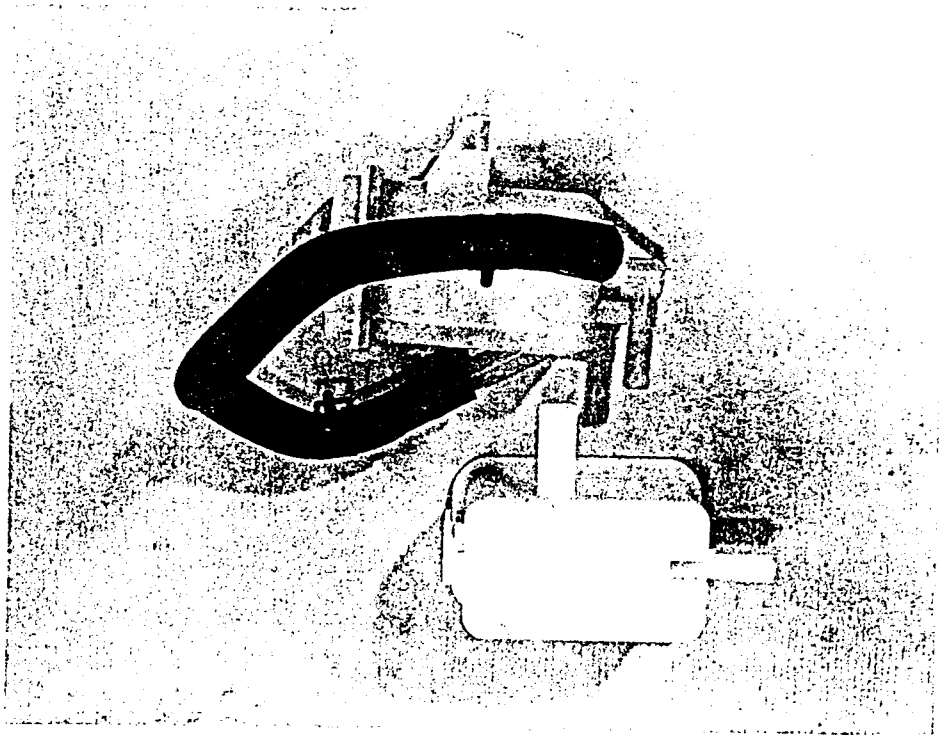
* Electronic Ignition Controller Box



* Radiator Tank



* Oil Reservoir Tank



Molding법, Tin-Bismuth를 이용한 Lost Core법, 그리고 Two Shell법 등이 있다. 어떠한 방법도 장단점이 있으며 미국에서는 Lost Core법, 그리고 일본에서는 Blow Molding법이 많이 사용되고 있다. 최근에는 Manihold의 상부와 하부는 나일론66으로하고 중앙부는 알루미늄합금으로 만들어 fold로 접합한 복합형이 독일에서 AUDI의 V6엔진용으로 채용되고 있다.

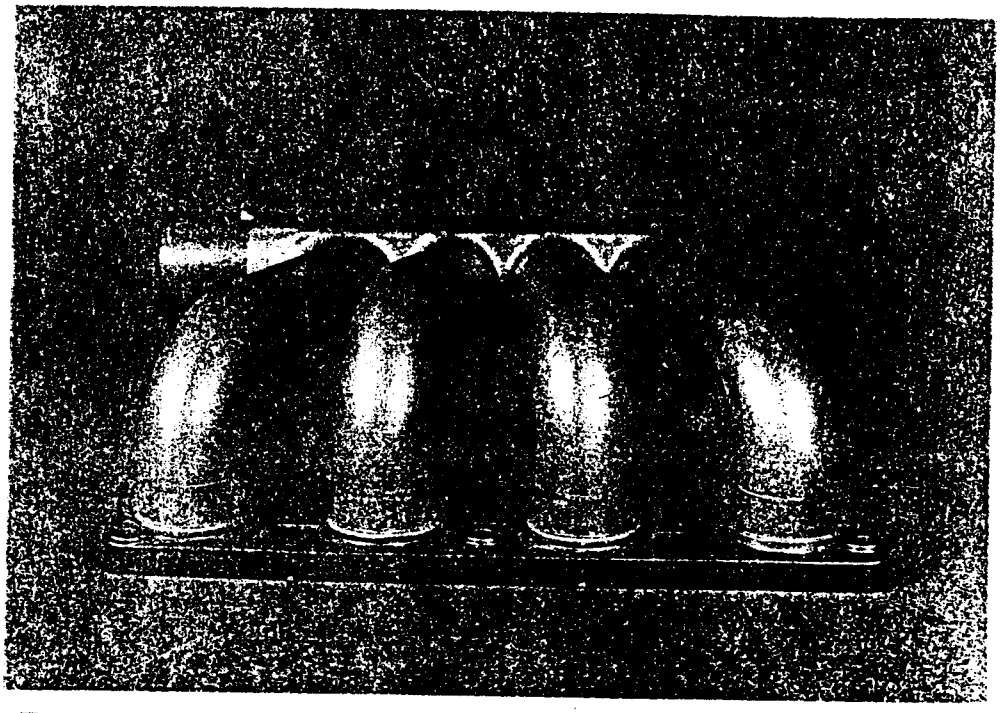
표-5. 일본의 자동차 부품별 플라스틱 사용현황(외장재)

	덮게	Fender	Roof	Door	Bumper	트렁크뚜껑
Nissan	SMC	PPO/PA	Steel	Steel	Steel	Steel
Mazda (AZ-1)	SMC	FRP Urea PPO/PA	Steel	SMC PU-GF	PU PA	SMC
GM (Fier)	SMC	PU-GF (RIM)	SMC	PC/ABS	PPO/PA	Steel
Satan (Satan)	Steel	PPO/PA	Steel	FRP	FRP	-
Runo (Espan)	FRP	FRP	FRP	SMC	SMC	-
BMW (Z-1)	FRP	PC/PBT	-	PC/PBT	PC/PBT	FRP

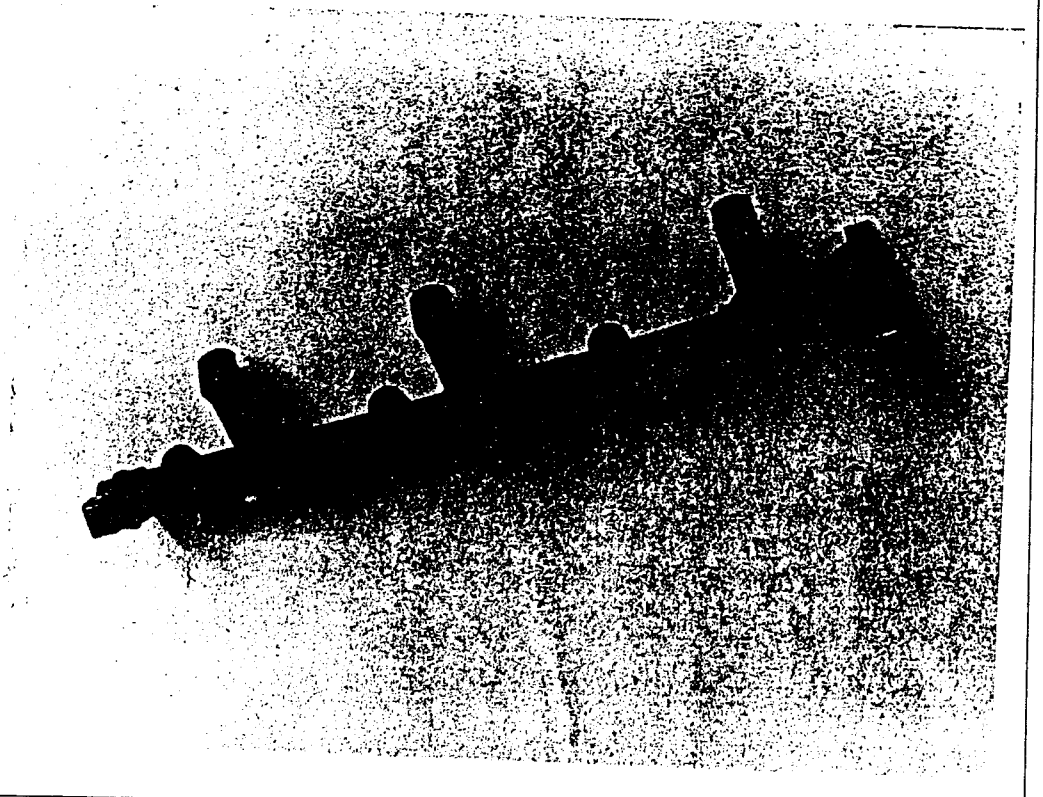
표-5에서 일본최초의 전체 플라스틱 외판차량인 Mazda의 AZ-1은 자동차 문이 새처럼 가벼워서 Gal Wing Door라 불리며, 강성이 중요시되는 덮게와 문에 강도가 높은 SMC를 채용하고 Fender 등의 수직부분은 내충격성이 요구되므로 Front Fender에 우레아수지를, Rear Fender에 PPO/PA를 각각 사용하고 있다. Fender 등에 이용되고 있는 각 합금은 내열변형특성이 뛰어나기 때문에 온라인 도장이 가능하고 PPO/PA는 재료비용에서도 유리한 것으로 보인다.

이처럼 차체 외판의 플라스틱화는 자동차의 주재료인 Steel에 비하여 경량성, 성형성, 내식성 등에서 우위를 보이고 있지만, 기업에서 가장 중요한 포인트로 생각하는 가공/재료비와 생산성, 도장완성 등의 문제가 남아있기 때문에 단순히 재료의 교체만이 아닌 자동차의 차체구조와 제조공정을 개선하는 종합적인 기술혁신이 필요한 것이다.

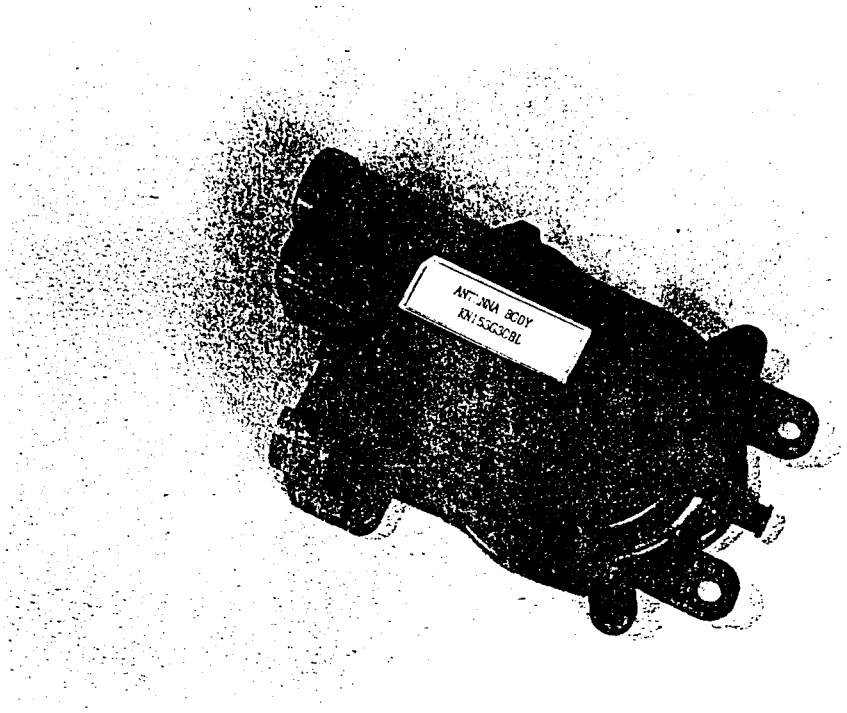
* Air Intake Manihold



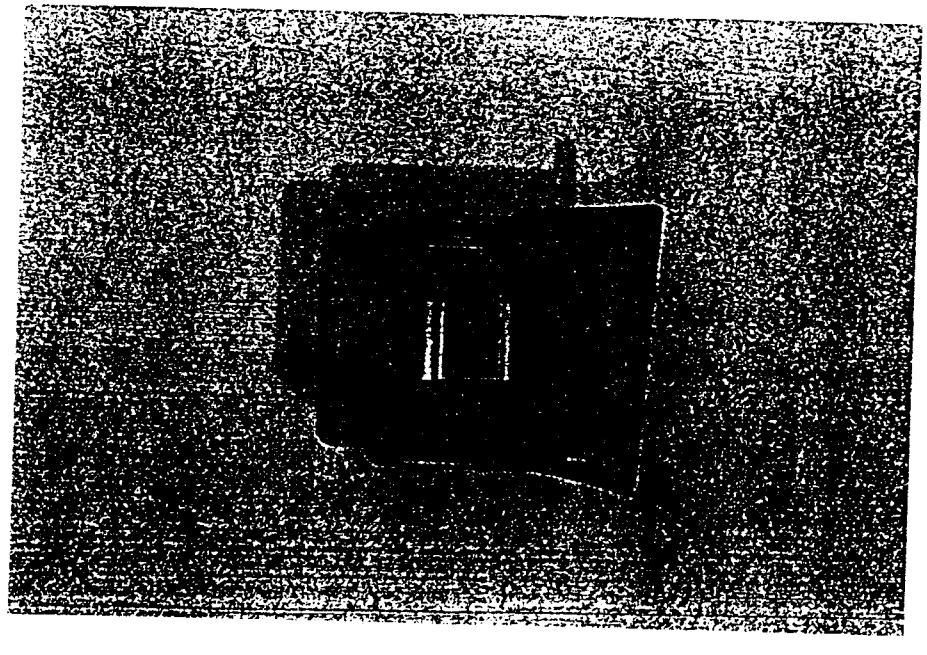
* Fuel Rail



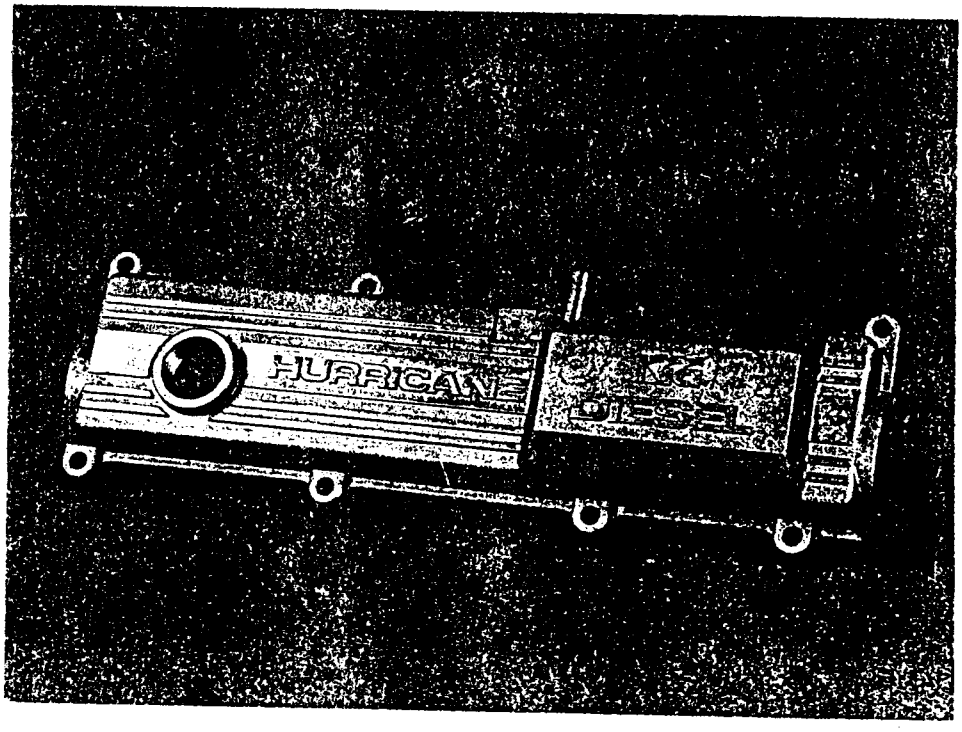
* Antenna Body

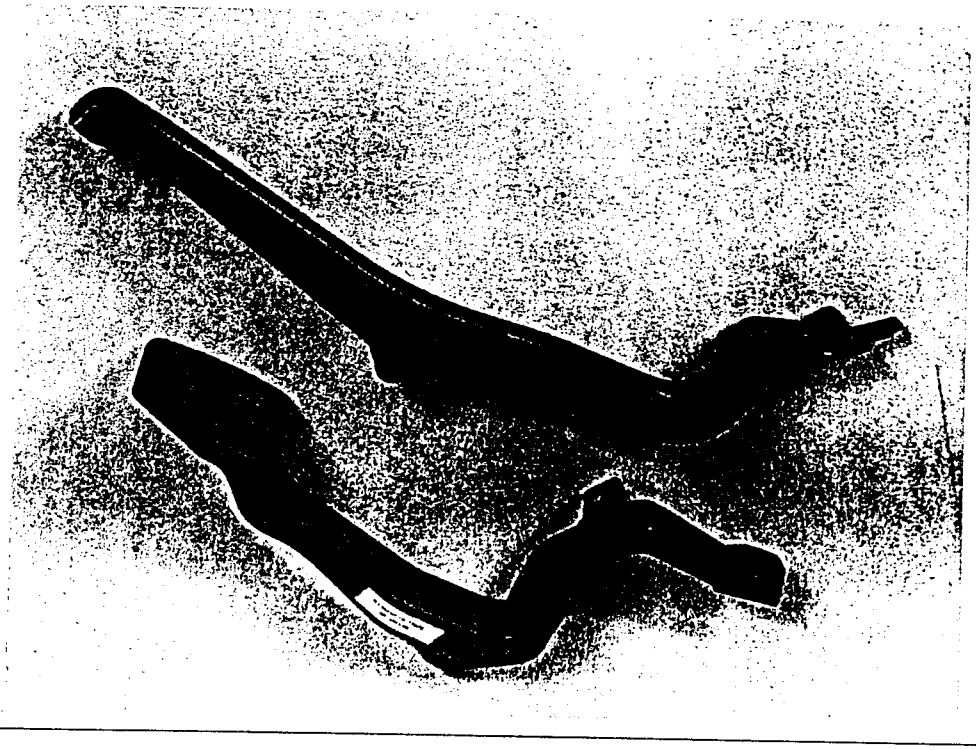


* Ash Tray

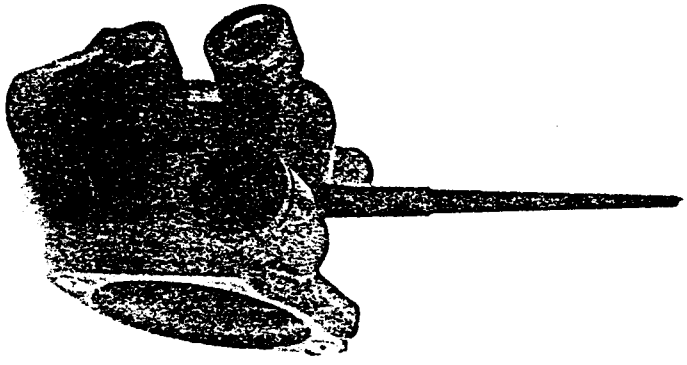


* Engine Head Cover

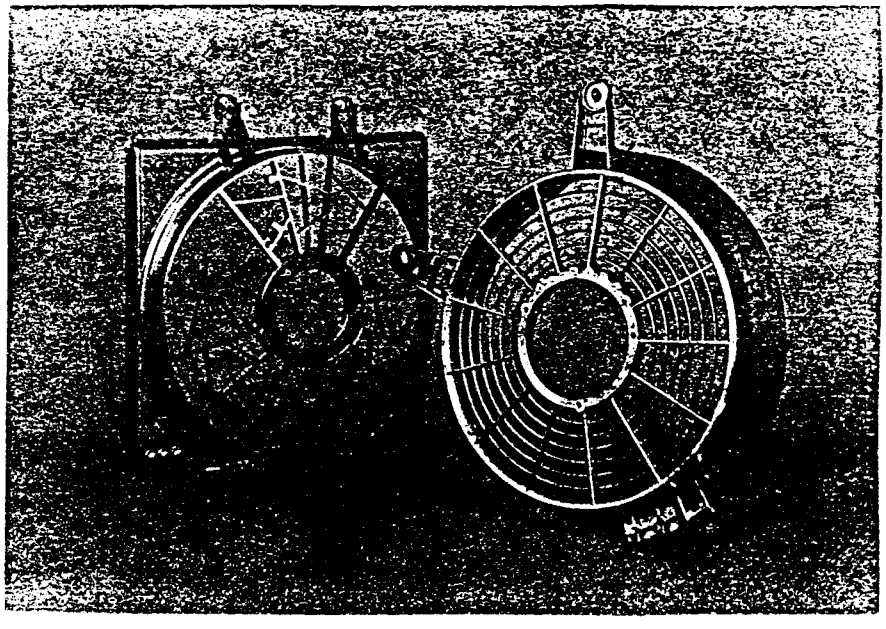




* Throttle Body



* Fan Shroud



5. 개발가능 품목

향후 우리나라에서 ENPLA로서 자동차부품의 개발이 가능한 부품으로는 상기 표-5의 Item과 연료부품인 Fuel Rail 이나 인텍메니홀더, 엔진 Head Cover, Throttle Body/Valve, Water Pump Housing/Impeller, Pulley(Timing Belt용), Lid Filler, Oil Fan, Clutch Pedal Arm, Clutch Master Cylinder, 그리고 Seat Frame 등이 개발중이거나 개발 가능한 부품으로 볼 수 있다.